



Б. Г. Преображенский, Т. О. Толстых

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И СИНТЕЗУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

•

B. G. Preobrazhensky, T. O. Tolstyh

Synergetic approach to the analysis and synthesis of educational systems

In the following article there were offered an approach to educational system analysis in the context of base categories of self-organizing theory: self-governing development, entropy, dissipative structures, bifurcation as well as to synthesis of control system of educational process with self-adjustment to quality of education.

Наступление информационной эпохи, выражающееся в массовой компьютеризации, внедрении и развитии новейшей информационной базы радикально изменило не только схему передачи знаний, но и методы обучения. Появление новых образовательных систем ставит задачу осмысления их целевых функций, поиска оптимальных структур, целенаправленных на обеспечение качества обучения в условиях роста потребностей общества в образовательных услугах.

Образовательный процесс — это сложный социотехнический объект, состоящий из большого числа разрозненных подсистем и в общем случае не имеющий адекватного формального описания. Системный подход позволяет проанализировать развитие и функционирование образовательной системы с учетом требований государства, общества и граждан как в ближайшей, так и отдаленной перспективе. При этом особенно важен горизонт прогнозирования, идентифицируемый на основе маркетинговых исследований.

Одним из основных инструментариев маркетинговых исследований является экспертный метод. Достоверность результатов при его при-

менении в значительной мере зависит от компетентности экспертов. Это делает его малоприменимым для применения в исследовании таких сложных систем, как системы образовательных услуг. Поэтому целью данной статьи является обоснование применения теории самоорганизации сложных упорядоченных систем на этапах анализа и синтеза систем образовательных услуг различных иерархических уровней.

Системы открытого образования: свойства энтропии и самоорганизации

Одним из ключевых элементов новой схемы передачи знаний является система открытого образования (СОО). Исследуем СОО с позиции теории самоорганизации сложных упорядоченных систем, применив так называемый синергетический подход.

Во-первых, СОО следует отнести к классу нелинейных систем, так как нелинейными являются такие системы, у которых хотя бы в одном звене нарушается линейность статистической характеристики или же имеет место любое другое нарушение линейности уравнений динамики звена. *Нелинейные системы способны ка-*

чественно изменять свое поведение при количественном изменении воздействия. Такой подход к анализу управления сложными системами не является, в строгом смысле, классическим.

Классический (традиционный) подход к управлению сложными системами основывается на представлении, согласно которому результат внешнего управляющего воздействия есть однозначное, линейное и предсказуемое следствие приложенных «сил», что соответствует схеме: управляющее воздействие — желаемый результат. Однако на практике многие усилия оказываются безрезультатными, «уходят в песок» или даже приносят вред, если противостоят собственным имманентным тенденциям саморазвития сложноорганизованных систем. Один из господствующих на сегодня мифов линейного мышления — это представление о том, что процессы бурного роста (возрастание народонаселения земного шара, рост знаний, «экономическое чудо») происходят по экспоненте. Однако большинство процессов лавинообразного роста происходят не по экспоненте, а в так называемом режиме с обострением, когда исследуемые величины хотя бы небольшую часть времени изменяются по закону неограниченного возрастания за конечное время. При этом становится очевидным, что сложноорганизованным системам нельзя «навязывать» пути их развития. Скорее, необходимо понять, способствуя их собственным тенденциям развития, как вывести системы на эти пути. В наиболее общем виде важно понять законы совместной жизни природы и человечества, их коэволюцию. Проблема управляемого развития принимает, таким образом, форму проблемы самоуправления развития. Это один из постулатов синергетического подхода к управлению сложными упорядоченными системами.

Во-вторых, СОО в России возникла как реакция на кризис в образовании, который характеризовался снижением качества обучения, нарастанием разрыва между образованием и культурой, образованием и наукой, отчуждением обучающихся от процесса образования, выпуском специалистов по некоторым специальностям, количество которых значительно превышает спрос на рынке труда. Таким образом, хаос объективно проявляется на рынке образовательных услуг. Второй постулат синергетического подхода демонстрирует, каким образом и почему хаос может выступать в качестве со-

здающей основы, конструктивного механизма эволюции, как из хаоса под воздействием внутренних сил рождается новая организация. Хаотическое состояние характеризуется неопределенностью, вероятностью и случайностью, которые описываются в рамках понятий информации и энтропии (если количество информации в системе есть мера организованности системы, то энтропия есть мера дезорганизованности системы, т.е. энтропия есть мера недостатка информации в системе).

Через хаос осуществляется связь разных уровней организации. В определенные моменты — моменты неустойчивости — малые возмущения, флуктуации могут разрастаться в макроструктуры. Из этого общего представления следует, в частности, что усилия, действия отдельного человека не бесполезны, они отнюдь не всегда полностью растворены, нивелированы в общем движении социума. В особых состояниях неустойчивости социальной среды действия каждого отдельного индивидуума могут влиять на макросоциальные процессы.

Здесь нужно отметить, что понятие «энтропии» было введено Клаузиусом в 1865 году для более полного описания термодинамических процессов. Изменение энтропии в термодинамических процессах системы выражается как

$$\Delta S = \Delta Q / T, \quad (1)$$

где ΔQ — изменение количества теплоты системы; T — температура системы.

Затем уже в XX веке после появления понятия «диссипативных» систем энтропию связали с процессами диссипации. Внутреннее производство энтропии за единицу времени в единице объема в открытых системах называется функцией диссипации, а системы, у которых функция диссипации отлична от нуля, названы диссипативными. Поэтому для описания процессов, происходящих в образовательных системах (эти системы являются сложными, но не термодинамическими, поэтому процессы, протекающие в образовательных системах, существенно отличаются от процессов термодинамических), необходимо ввести понятие «**образовательной**» энтропии, которая так же, как и энтропия термодинамическая, отражала бы функцию состояния системы, когда изменение энтропии не зависит от вида процесса, а определяется только начальными и конечными состояниями системы. Поэтому для образователь-

ных систем можно, на наш взгляд, ввести меру изменения «образовательной» энтропии:

$$\Delta S_{\text{об.}} = \Delta G / \Phi, \quad (2)$$

где ΔG — мера убыточности образовательной системы (обратная величина прибыли);

Φ — финансы, расходуемые на образовательный процесс.

Таким образом, система образования является диссипативной системой, а понятие диссипативности связано с понятием открытости системы. С позиции современного естествознания изолированной или замкнутой системой называют такую систему тел, на каждое из которых не действуют внешние силы, а система открытого образования — это система, которая в реальном режиме времени обменивается ресурсами, знаниями и информацией с внешней средой, т. е. с социальным обществом.

В-третьих, различие в формах обучения требует и разнообразия в технологиях передачи знаний обучающемуся контингенту. При выборе технологии передачи знаний должны учитываться такие факторы как «учебная дисциплина», ее требования к усвоению («знать», «уметь», «понимать»), сочетание «учебных дисциплин» и т.п. Следовательно, анализ и синтез любой образовательной системы необходимо, как это принято в экономической науке, осуществлять или с функциональных, или с временных позиций. В первом случае выделяется одна или несколько функциональных переменных, остальные фиксируются и изучается поведение выделенной группы. Во втором — сравниваются в определенных интервалах времени некоторые описательные характеристики и делается вывод об их тенденциях.

В отличие от «чисто» функционального подхода структурно-функциональный дает возможность интегрировать разнообразные внутренние и внешние факторы по отношению к изучаемой системе. Этот логический по своей сути подход следует применять при анализе и синтезе образовательного процесса, ибо кооперация (сочетание) различных «учебных дисциплин» в целях формирования в конкретной области знаний специалистов, отвечающих все возрастающим требованиям экономики постиндустриального общества, должна рассматриваться как органическое целое.

К настоящему времени естествознание знает множество примеров образования более

упорядоченных структур, возникающих в результате неравновесных процессов. При этом упорядочение может происходить как во времени, так и в пространстве.

Такие структуры названы *диссипативными* структурами (лат. *dissipatio* — рассеяние). Этим названием подчеркивается, что они возникают в диссипативных системах в ходе неравновесных (необратимых) процессов. С этих позиций образовательные системы инновационного типа являются диссипативными и, следовательно, открытыми системами.

Для возникновения диссипативных структур необходимо соблюдение определенных условий.

Диссипативные структуры могут образовываться только в открытых системах, так как в них возможен приток «энергии», компенсирующий потери и обеспечивающий существование упорядоченных состояний. Благодаря этому, наряду с производством энтропии, существует поток «отрицательной энтропии» извне. В этой связи отметим одно из основных свойств сложных самоорганизующихся систем — ускоренное производство энтропии, т. е. при возникновении новой упорядоченной структуры скорость производства энтропии в занимаемой ею области пространства скачкообразно возрастает.

— Диссипативные структуры возникают в макроскопических системах, т.е. в системах, состоящих из большого числа элементов. Упорядоченное движение в таких системах всегда носит кооперативный характер, так как в него вовлекается большое число объектов.

— Диссипативные структуры возникают лишь в системах, описываемых нелинейными уравнениями. Нелинейность является важной и общей чертой процессов, происходящих вдали от равновесия. Самоорганизация не связана с каким-либо особым классом объектов и процессов. Она существует лишь при особых внутренних и внешних условиях функционирования системы и окружающей среды. Диссипативные структуры являются устойчивыми (стационарными) образованиями. Однако их устойчивость определяется устойчивостью источников энергии и зависит от времени их существования.

Если в результате самоорганизации возникает несколько конкурирующих диссипативных структур, то в конечном счете выживает та из них, которая производит энтропию с наибольшей скоростью. Таким образом, зная энтропию

образовательной системы (для чего, собственно, и предпринята попытка введения «образовательной» энтропии), можно определить скорость ее изменения, что даст возможность оценить с наибольшей долей вероятности живучесть возникшей сложной самоорганизующейся системы, т.е. системы образования.

В-четвертых, возникновение новых упорядоченных структур, как правило, происходит по бифуркационному сценарию. В момент кризиса в образовании существовала точка бифуркации, в которой дальнейшее его развитие могло пойти по тому или иному пути, так как согласно синергетике для сложных систем существует, как правило, несколько альтернативных путей развития. Неединственность эволюционного пути, отсутствие жесткой предопределенности сужает основу для позиции пессимизма эсхатологического толка. Укрепляется надежда на возможность выбора путей дальнейшего развития, причем таких, которые устраивали бы человека и вместе с тем не являлись бы разрушительными для природы и общества.

Хотя путей эволюции (целей развития) много, выбор пути в точках ветвления (точках бифуркации), т.е. на определенных стадиях эволюции, характеризуется относительной предопределенностью, преддетерминированностью развертывания процессов. Настоящее состояние системы определяется не только ее прошлым, ее историей, но и строится, формируется из будущего, в соответствии с потенциально новым порядком самоорганизации.

В-пятых, система должна быть сильно неравновесной, когда возможны возникновения неоднородностей, что и наблюдалось в 80–90-х годах XX столетия для всей системы традиционного образования в России.

Таким образом, учет в процессе анализа «синергетических» свойств и особенностей, характерных для систем открытого образования, даст возможность определить параметры образовательного процесса, адаптированного к условиям рыночного позиционирования образовательных систем в экономической среде постиндустриального общества.

Система управления образованием с самонастройкой

В качестве главного параметра вектора развития образовательных систем в статье принят

экономический параметр, который играет роль источника «энергии» системы.

На рисунке 1 представлена многоконтурная система управления образовательным процессом в динамике с так называемой самонастройкой по качеству.

Рассматриваемая на входе системы «энергия» представляет собой различные ресурсы (материальные, людские и финансовые — денежные средства, получаемые за обучение). Для исследования поведения системы во времени в блоках выделены экономические параметры (1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2). Исследуем общее функционирование системы по блокам.

На вход системы управления поступают параметры, характеризующие все планируемые направления учебного процесса (специальности и уровни подготовки, количество студентов, результаты вступительных испытаний, параметры и качество обучения, сроки обучения, образовательные стандарты) и экономические показатели (плановая прибыль, стоимость обучения и др.). Все входные параметры из блока 1 поступают в блок 2, где происходит детализация входных параметров. Этот блок состоит из организационной структуры образовательного процесса и материально-технических средств, предопределяющих экономическое воздействие на образовательный процесс. В блоке 2 формируются управляющие воздействия для блока 3 — объекта управления, который представляет собой реально действующий образовательный процесс.

Здесь осуществляются функции группового и индивидуального образовательного процесса по всем предметам, контроль знаний, проведение практических и лабораторных занятий, подготовка и защита дипломного проекта (работы).

Функционированием блоков 1, 2, 3 завершается основной цикл системы управления, которым полностью описываются традиционные образовательные процессы. На выходе системы — дипломированные специалисты и экономические показатели учебного процесса. Блоки 4, 5, 6 превращают обычную систему управления традиционным образовательным процессом в систему с обратной связью и с элементами самонастройки, которые характеризуют образовательную систему открытого типа. Блок 4, осуществляя сбор и сохранность всей информации об обучении конкретных студентов, деятельности преподавателей, качестве методи-

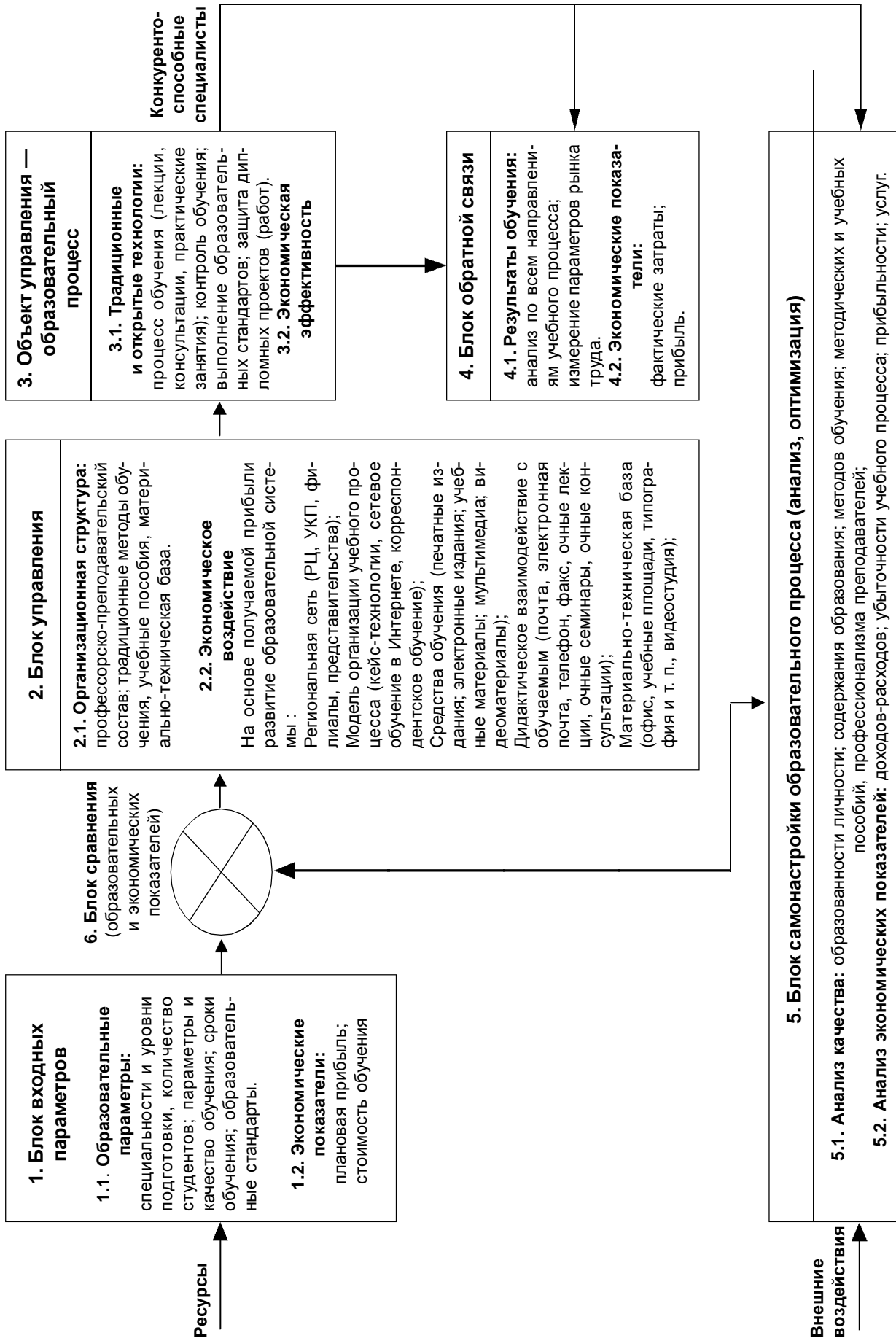


Рис. 1. Система управления образовательным процессом

ческих материалов, позволяет провести «сравнение» плана с фактом и «улучшить», таким образом, систему. В этом же блоке рекомендуется постоянно отслеживать рынок труда, выявляя конкурентоспособные специальности или отдельные направления, которые прямо влияют на конкурентоспособность выпускаемого специалиста. Результаты «сравнения», осуществляемые в блоке 6, попадают в блок 2, где вырабатываются корректирующие воздействия на объект управления. Это могут быть изменения учебных планов, инициированные изменившимися потребностями на рынке труда, введение новых специальностей или отдельных дисциплин, повышение требований к качеству преподавания, к полноте и качеству информационного обеспечения образовательного процесса.

Особое место в предлагаемой системе управления образовательным процессом отводится блоку 5, где производится самонастройка, анализ и оптимизация системы на основе оценки всех параметров качества. Наличие элементов самонастройки и коррекции в учебном процессе позволяет максимально развивать индивидуальные формы обучения, применять формы дистанционного образования.

Таким образом, систему управления образовательным процессом можно рассматривать как систему с двумя замкнутыми контурами регулирования.

Первый — обычный, характерный для замкнутых систем управления, в которых существует отрицательная обратная связь. Отрицательная обратная связь необходима для получения требуемых параметров на выходе системы, которые задаются блоком входных параметров. Обратная связь осуществляет подачу выходных параметров на блок сравнения, в котором сравниваются входные и выходные параметры и по результатам сравнения вырабатывается сигнал управления для блока управления — регулирования и коррекции, причем этот сигнал снижает отклонения выходных параметров от входных. Этому контуру соответствует структурная схема: блок 1 — блок 2 — блок 3.

Особое значение придается блоку самонастройки. Здесь задача повышения качества обучения студентов решается не путем изменения параметров регулятора (блока управления), имеющего определенную структуру, а путем изменения структуры регулятора. Как правило, в самоорганизующуюся систему встраивается тот

или иной критерий качества функционирования системы (в нашем случае качество выпускаемых специалистов) в условиях внешней среды. Система самостоятельно путем автоматического поиска с применением вычислительных или логических операций выбирает такую структуру (из возможных, имеющихся в ее распоряжении), при которой удовлетворяется заданный критерий качества функционирования системы. Это достигается путем подключения или отключения различных звеньев в блоке управления в некоторой логической последовательности с фиксированием (запоминанием) более эффективных структур.

В самоорганизующейся системе должен быть анализатор или оптимизатор качества. Анализатор включается, когда нужно обеспечить заданное в определенных пределах качество. В качестве анализатора может применяться, в частности, математическая эталонная модель специалиста с желаемыми профессиональными качествами.

Оптимизатор предназначается для отыскания и осуществления максимально возможного в данной системе (при данных реальных условиях ее работы) качества.

Очевидно, что при прочих равных условиях самоорганизация, т.е. автоматический поиск оптимальной структуры системы по результатам анализатора или оптимизатора является процессом более сложным и более длительным, чем самонастройка параметров блока управления. Поэтому речь может идти об объектах, работающих в более или менее стационарных условиях, изменяющихся либо медленно, либо редкими скачками.

Таким образом, преимущество предлагаемого подхода к анализу и синтезу системы образовательных услуг заключается, прежде всего в гибкости, модульности построения функционально-предметной информационной области, а это в свою очередь прямо зависит от «энергии», которая поступает или, вернее, должна поступать в орган управления в виде достаточных финансовых ресурсов, инвестиций. Именно ресурсы позволят осуществлять циклическое расширение системы, совершенствовать традиционные формы обучения, внедрять в вузе инновации.

